

“纳米科技”重点专项 2020 年度项目申报指南

(征求意见稿)

为继续保持我国在纳米科技国际竞争中的优势，并推动相关研究成果的转化应用，按照《国家中长期科技发展规划纲要（2006-2020）》部署，根据国务院《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》，科技部、教育部、中国科学院等部门组织专家编制了“纳米科技”重点专项实施方案。

“纳米科技”重点专项的总体目标是获得重大原始创新和重要应用成果，提高自主创新能力及研究成果的国际影响力，力争在若干优势领域率先取得重大突破，纳米结构材料的工业化改性、如纳米尺度超高分辨表征技术、新型纳米信息材料与器件、新型纳米药物的研发与产业化、纳米能源与环境技术等。保持我国纳米科技在国际上处于第一梯队的位置，在若干重要方向上起到引领作用；培养若干具有重要影响力的领军人才和团队；加强基础研究与应用研究的衔接，带动和支撑相关产业的发展，加快国家级纳米科技科研机构和创新链的建设，推动纳米科技产业发展，带动相关研究和应用示范基地的发展。

“纳米科技”重点专项部署了 7 个方面的研究任务： 1.

新型纳米制备与加工技术；2. 纳米表征与标准；3. 纳米生物医药；4. 纳米信息材料与器件；5. 能源纳米材料与技术；6. 环境纳米材料与技术；7. 纳米科学重大基础问题。根据纳米科技重点专项实施方案和“十三五”期间有关部署，2020年的纳米科技重点专项将围绕新型纳米制备与加工技术、纳米表征与标准、纳米生物医药、纳米信息材料与器件、能源纳米材料与技术、环境纳米材料与技术等方面继续部署项目，拟优先支持6个研究方向，国拨总经费约7500万元（其中，拟支持青年科学家项目2~3个，国拨总经费不超过1500万元）。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行一体化设计。鼓励围绕一个重大科学问题或重要应用目标，从基础研究到应用研究全链条组织项目。鼓励依托国家重点实验室等重要科研基地组织项目。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。

项目执行期一般为5年。一般项目下设课题数原则上不超过4个，每个项目所含单位数控制在4个以内。

青年科学家项目可参考重要支持方向组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。

本专项所有涉及人体被试和人类遗传资源的科学研究，须尊重生命伦理准则，遵守《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《人类遗传资源管理暂行办法》等国家相关规定，

严格遵循技术标准和伦理规范。涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，使用合格实验动物，在合格设施内进行动物实验，保证实验过程合法，实验结果真实、有效，并通过实验动物福利和伦理审查。

1. 新型纳米制备与加工技术

1.1 有机无机纳米复合热管理材料制备及应用

研究内容：通过纳米材料的跨尺度精准组装和有机、无机纳米复合材料的精准制备，调节材料孔隙度和界面结构，调控热导、热容、热焓等热管理特性，进而发展多级次纳米复合材料可控制备新技术和新方法，如具有极高比表面及丰富孔结构自组装纳米复合多孔材料、强化辐射换热材料、纳米工程化表面控冰材料、无机壳相变微胶囊的高效冷源等。研发满足隔热、换热、散热和冷冻等不同应用需求的宏观尺度复合热管理材料，并实现服役稳定性与可靠性。

考核指标：围绕热管理材料的设计、制备及热管理特性等关键问题，阐明有机无机纳米复合热管理材料的设计原则和构效关系，揭示表/界面设计对于复合材料物质、能量存储/传输的影响规律。开发具有极高比表面及丰富孔结构自组装纳米复合多孔材料，多孔隔热粉体材料比表面 $>1000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ，复合膜比表面 $>300 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ；航天用表面碳纳米复合材料的强化辐射换热材料，满足空间服役和应用的各项性能并保持稳定

性，太阳光吸收率 $\alpha_s > 0.99$ ，红外发射率 $\epsilon_H > 0.95$ ；制备纳米工程化表面控冰材料用于生殖细胞冷冻保存，毒性二甲基亚砷含量为零，卵母细胞冻存复苏两小时后存活率 $\geq 95\%$ ；制备纳米改性相变微胶囊高效冷源，应用于高端芯片热界面散热，一千次热循环后热焓 $> 100\text{J/g}$ ，与芯片接触处摄氏温度降低幅度比现有产品至少提高 10%。

2. 纳米表征与标准

2.1 金属纳米复合结构的超快电子束脉冲激发光谱学表征新方法

征新方法

研究内容：发展同时具备超高空间分辨、超快时间分辨、超精细动量分辨的百千伏电子束脉冲激发贵金属/介质复合纳米结构的光谱学表征方法。利用超快电子束脉冲对贵金属/介质复合纳米结构元激发的界面电荷转移及寿命实现纳米尺度动态测量，定量描述贵金属/介质复合纳米结构对辐射发光、能量传输、动量和角动量传递的物理机制，并直接表征金属纳米结构光子局域态密度对材料发光效率的调控。

考核指标：运用所研发的超快电子束脉冲与金属/介质复合纳米结构相互作用表征方法，实现对电子束激发产生的光子态密度、偏振及寿命的超高分辨同时测量。电子束激发能量 5~125keV，空间分辨率 $< 5\text{nm}$ ，电子束激发产生的荧光寿命时间分辨 $< 140\text{ps}$ ，动量分辨率 $< 10\text{ mrad}$ 。通过对超快电子束脉冲与物质相互作用产生光子辐射的超高分辨同时测量，

揭示金属纳米结构对材料辐射发光、载流子输运等规律的调控。

3. 纳米生物医药

3.1 靶向肿瘤转移关键网络节点分子的可编程纳米药物

研究内容：针对乳腺癌、结直肠癌和胰腺癌等的转移复发，结合肿瘤转移发生发展的动力学、表观遗传学和代谢组学特征，设计合成具有原位组装、生理调控及微环境响应等功能的纳米生物材料；构建可编程纳米药物，研究其阻断肿瘤转移的免疫和代谢等多层次信号通路，抑制肿瘤细胞侵袭、迁移，调控休眠肿瘤干细胞干性，逆转肿瘤转移微环境，并从系统生物学和系统医学的角度揭示其分子机制；发展多功能集成的肿瘤免疫治疗、靶向治疗新策略；建立相关纳米药物的安全性评价新方法和新技术。

考核指标：设计合成 4~6 种可精准编程、原位组装及微环境响应的纳米生物材料；构建 3~4 种靶向肿瘤转移关键网络节点分子，调控休眠肿瘤干细胞干性，逆转肿瘤微环境的可编程纳米药物；建立一种同时识别肿瘤转移细胞和转移灶的方法；建立 2 种纳米药物安全性评价新方法；研发 2 种抗肿瘤转移的新型纳米药物，获准进入临床试验。

4. 纳米信息材料与器件

4.1 高频超声系统新型纳米结构材料及器件

研究内容：周期纳米结构与频率大于 20MHz 的高频超

声相互作用的物理机制；新型纳米结构高频超声材料的设计，不同材料纳米结构基元尺寸，形貌以及周期性与等效质量密度，等效模量等材料声学参数的构效关系；微纳结构中的非线性声学效应以及谐波产生机制。可控自组装纳米结构高频超声材料及器件的制备和表征技术。发展可用于高频超声成像和调控系统的超薄透镜和超声绝缘涂层。开展水声环境中高频超声调制的理论研究与实验演示。

考核指标：高频超声与微纳结构相互作用的理论模型。针对 20MHz 以上的高频超声波，设计并实现包括核壳结构等在内的 3~5 种具有强局域声学共振特性的新型纳米基元。实现自组装制备法，制备厚度在 5~20 微米之间，由 100~500 纳米结构基元组成的三维周期纳米结构超声薄膜材料。设计及制备 3 到 5 种以高频超声平面透镜，超声绝缘涂层等为代表的可用于高频超声成像和调控系统的功能性器件，实现对 20 MHz 到 200 MHz 范围内任意角度入射超声波束的全角度调制。

5. 能源纳米材料与技术

5.1 石油烃裂解多产低碳烯烃的纳米材料创制及工程示

范应用

研究内容：针对石油化工重大关键过程蒸汽裂解和催化裂解制烯烃节能降耗的迫切需求，提升石油资源高效利用效率，发展具有高温裂解活性的纳米材料理论设计方

法，创制活性纳米材料及其宏量制备新技术，实现工程示范应用。揭示活性纳米材料对自由基热裂解与正碳离子催化裂解的作用机制及调控规律，开发出活性纳米材料协同裂解的新一代节能型石油制烯烃技术。

考核指标：创制出 2~3 种活性纳米材料；实现尺寸小于 10 nm 的纳米活性助剂的稳定可控制备；建成年产百公斤级油溶性纳米金属氧化物活性助剂、百吨级超支化聚合物纳米活性助剂的规模化制备装置（两套）。上述纳米材料在万吨级石油制烯烃工业反应器上实现工业示范应用：纳米活性助剂添加量小于 3000 ppm，裂解温度下降 20°C 以上，或低碳烯烃总收率提高 1.5%（蒸汽裂解）和 2.0%（催化裂解）以上。

6. 环境纳米材料与技术

6.1 用于废水深度处理与毒性削减的纳米材料和技术

研究内容：围绕化工废水中有机污染物深度去除和毒性削减的关键科学问题，以满足化工废水处理与回用要求和降低环境风险为目标，研发基于纳米材料的高通量导电分离膜的制备技术，构建以导电分离膜为核心的电化学调控废水深度处理新工艺，与高级氧化等技术耦合实现抗膜污染和高效去除毒性有机污染物，用于化工废水深度处理资源化利用。

考核指标：针对化工废水深度处理与回用和毒性削减的难题，发展具有电化学调控性能的高通量导电分离膜纳米材料和技术。阐明典型毒性有机污染物与纳米材料界面作用和

抗膜污染机制，以急性毒性、遗传毒性等为指标，揭示处理过程中毒性削减规律和原理。形成化工废水深度处理与回用和毒性削减的综合技术方案，膜通量与相同孔径的传统高分子膜相比提高 5 倍以上，完成 300 吨/日以上处理规模的技术应用示范，出水水质满足企业回用水标准或国家相关废水排放标准，毒性削减率 90%以上，与现有相同膜孔径的膜技术相比，吨水处理运行能耗降低 50%以上。